

BAB 1

ANALISIS KEBUTUHAN

Kelebihan kapasitas jumlah pengunjung di tempat umum merupakan masalah serius yang dapat memengaruhi keamanan dan kenyamanan masyarakat, terutama di pusat-pusat kehidupan sosial seperti pusat perbelanjaan, pusat kuliner, atau saat penyelenggaraan acara besar dengan partisipasi massa besar. Membludaknya jumlah pengunjung di tempat-tempat umum dapat menjadi sangat fatal karena akan mengakibatkan terjadi *crowd crush*, sehingga pada tempat umum tersebut terjadi kondisi di mana massa saling berdesakan, bahkan menyebabkan banyak korban jiwa. Oleh karena itu, diperlukan suatu bahasan mengenai tantangan dan solusi yang perlu dipertimbangkan untuk mengatasi kelebihan kapasitas jumlah pengunjung di tempat umum sehingga langkah preventif dalam mengatasi dampak yang lebih buruk pun dapat dilakukan.

1.1 Latar Belakang Masalah

Kelebihan kapasitas jumlah pengunjung merupakan salah satu masalah yang dapat terjadi di berbagai tempat umum, terutama apabila tempat umum tersebut merupakan pusat dari suatu aspek kehidupan masyarakat, misalnya di pusat perbelanjaan atau pusat kuliner. Kelebihan kapasitas jumlah pengunjung juga dapat terjadi apabila terdapat suatu acara yang diselenggarakan di tempat umum dan melibatkan massa yang cukup banyak. Jika tidak ditangani dengan tepat, hal ini dapat menyebabkan berbagai masalah yang lebih serius. Kemungkinan yang paling fatal adalah terjadinya *crowd crush* atau kondisi dimana kerumunan orang dengan jumlah yang masif saling berimpitan seperti halnya yang terjadi di area Itaewon, Seoul, Korea Selatan pada tanggal 29 Oktober 2022, dimana terdapat setidaknya 158 orang korban jiwa [1][2].

Berbagai upaya konvensional maupun legal telah dilakukan sebagai tindak preventif terhadap kejadian serupa. Salah satunya adalah yang dilakukan oleh Korea Selatan dengan mengerahkan sejumlah aparat penjaga di beberapa *subway station* di berbagai kota dengan populasi lebih dari 500.000 jiwa apabila terjadi peningkatan jumlah massa [1]. Sebelumnya pada bulan November 2015, Pemerintah Jepang menetapkan suatu kebijakan untuk menambahkan kategori jabatan baru pada pihak kepolisian, yaitu penjaga keamanan kerumunan, yang bertugas menjaga keamanan acara-acara yang melibatkan keramaian seperti festival kembang api, perkumpulan *outdoor*, dan kompetisi olahraga [1]. Di sisi lain, Pemerintah Amerika Serikat menetapkan ketentuan untuk menjaga kepadatan massa yang ideal, yakni setidaknya 0,3 m² hingga 0,5 m² per satu orang [1]. Berbagai upaya

ini kami rasa kurang efektif karena masih melibatkan penilaian manusia yang tidak selalu objektif dan kurang akurat memprediksi kepadatan manusia.

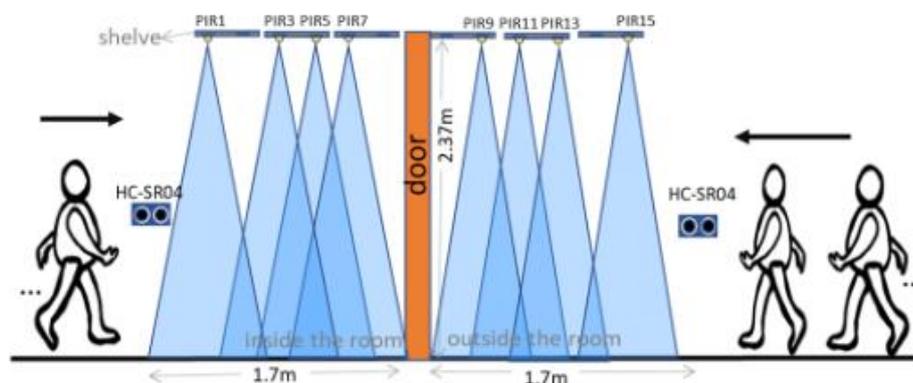
Salah satu solusi yang ada untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah sistem *people counting* atau memanfaatkan teknologi yang telah ada untuk menghitung jumlah pengunjung tempat umum secara simultan [3]. Salah satu teknologi yang digunakan untuk mendukung sistem tersebut adalah kamera sebagai pengambil citra visual lokasi keramaian. Kendati memiliki akurasi yang tinggi dalam performansinya, hal ini memiliki kelemahan berupa penyebaran privasi tanpa izin dan ketidaknyamanan pengguna [4]. Selain itu, penggunaan kamera juga membutuhkan citra yang jelas untuk dapat bekerja dengan baik, serta sensitif terhadap intensitas cahaya [4]. Teknologi berikutnya yang digunakan untuk mendukung sistem *people counting* adalah *passive infrared (PIR) sensor* yang dapat mendeteksi gerakan mayor manusia. Namun, kinerja *PIR sensor* dalam sistem *people counting* kurang akurat karena tidak dapat mendeteksi gerakan kuasi statis pada manusia seperti bekerja di depan komputer dan menonton televisi[3]. Selain itu, kinerja *PIR sensor* juga dipengaruhi oleh temperatur lingkungan sehingga rawan mengalami kesalahan dalam pendeteksian [3]. Di sisi lain, penggunaan *radio frequency identification (RFID)* hanya dapat mendeteksi orang yang berjalan di antara *transmitter* dan *receiver* yang terpisah sehingga tidak dapat mendeteksi banyak orang sekaligus [3]. Terakhir, penggunaan sensor ultrasonik juga memiliki keterbatasan berupa kerawanan terhadap *false alarm* karena kinerjanya sensitif terhadap jenis bahan atau material yang dikenai gelombang ultrasonik [3].

Berdasarkan penjelasan dan penjabaran solusi yang telah dijelaskan pada paragraf-paragraf sebelumnya, kami menyimpulkan bahwa ada beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan untuk meningkatkan efektivitas sistem *people counting* sehingga dapat diimplementasikan di berbagai tempat umum dengan kondisi lingkungan sekitar yang berbeda. Faktor-faktor tersebut diantaranya adalah kondisi lingkungan sekitar, kebijakan terkait privasi, dan efektivitas kinerja sistem. Oleh karena itu, melalui penelitian ini kami merancang suatu solusi berupa sistem *people counting* yang dapat menghitung banyak pengunjung yang masuk ke tempat umum secara simultan dengan tingkat akurasi tinggi serta kinerjanya tidak terpengaruh oleh kondisi lingkungan sekitarnya, seperti perubahan suhu dan intensitas cahaya. Dengan dilengkapi dengan kelebihan seperti kemudahan dalam instalasi, kami harap perancangan ini dapat menjadi solusi untuk mewujudkan sistem *people counting* yang akurat, tahan faktor lingkungan, serta mudah dalam instalasi, sehingga memudahkan pihak pengelola tempat umum dalam melakukan penindakan lanjut terhadap kelebihan kapasitas pengunjung.

1.2 Informasi Pendukung

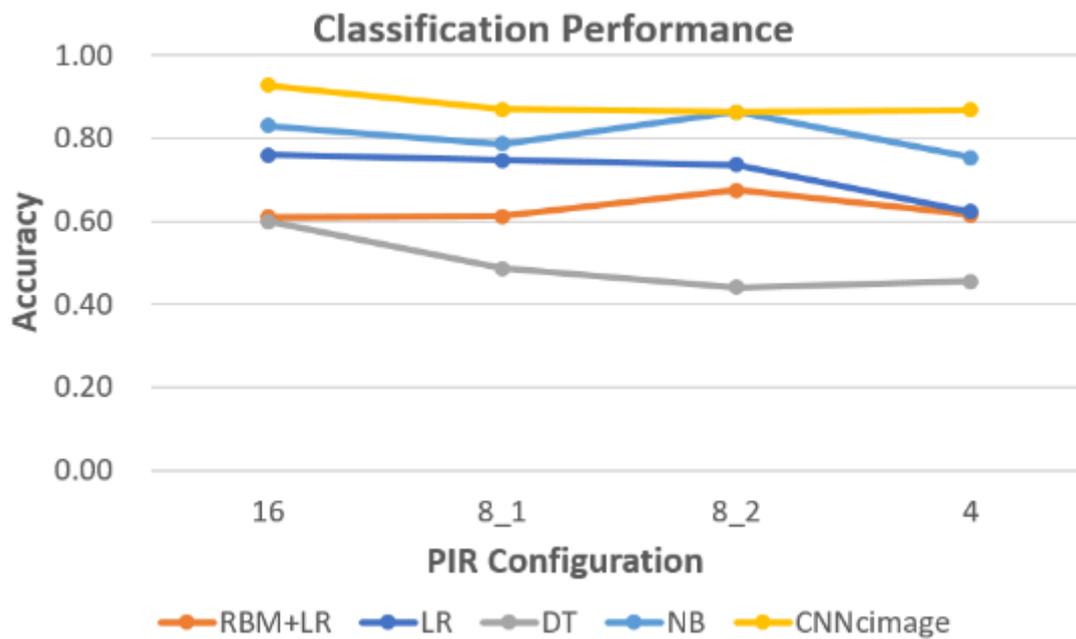
Kelebihan kapasitas merupakan masalah yang melibatkan massa yang melebihi kapasitas maksimal dari suatu tempat, serta dapat mengakibatkan kemungkinan terburuk berupa terjadinya *crowd crush* yang menyebabkan korban jiwa. *Crowd crush* dapat terjadi di acara-acara besar yang diadakan di tempat umum, seperti halnya yang terjadi di perayaan Halloween 2022 di Itaewon, Korea Selatan [1]. Hal ini bisa terjadi karena banyak orang berkumpul secara informal di ruang terbatas sehingga terjadi desak-desakan yang mengakibatkan kematian massal [2]. Solusi yang ada saat ini untuk mencegah kelebihan kapasitas yaitu *people counting*, yakni menghitung jumlah orang yang masuk dan keluar di suatu tempat tertentu [3].

Teknologi saat ini yang dapat menghitung orang yang masuk dan keluar di tempat tertentu diantaranya *passive infrared (PIR) sensor* [5]. Penggunaan *PIR sensor* dapat mendukung sistem *people counting* karena dapat mendeteksi temperatur badan manusia [5]. Selain itu, sinyal analog yang dihasilkan *PIR sensor* berbeda-beda dimana hal tersebut bergantung pada kecepatan, jarak, dan arah relatif pengguna yang lewat. Namun, pilihan ini tidak memadai untuk mengidentifikasi situasi dimana banyak orang melewati sensor, baik secara bersamaan atau berurutan dengan jarak yang cukup dekat [5]. Oleh karena itu, Tsou et al. (2020) menggagas solusi berupa beberapa *PIR sensor* yang digabungkan sehingga membentuk *array* [5].



Gambar 1.1 Instalasi PIR Array [6]

Dengan dilengkapi metode *convolutional neural network (CNN)* dan gambar warna sebagai masukannya, sistem mencapai akurasi terbaik sebesar 92,75% ketika semua *PIR sensor* dalam sistem digunakan [5]. Konfigurasi jumlah *PIR sensor* digunakan antara lain adalah konfigurasi yang dinotasikan sebagai 8_1 dan 8_2 yang melibatkan masing-masing delapan buah *PIR sensor* yang berbeda, serta konfigurasi yang dinotasikan sebagai 4 yang hanya melibatkan empat buah *PIR sensor*. Berikut adalah grafik klasifikasi performansi sistem *people counting* berbasis *PIR array* berdasarkan penjelasan notasi pada kalimat sebelumnya.



Gambar 1.2 Grafik Performa Klasifikasi PIR Array [5]

Berdasarkan grafik yang telah ditampilkan, dapat ditarik kesimpulan bahwa sistem *people counting* mencapai tingkat akurasi maksimum ketika seluruh enam belas PIR *sensor* digunakan dan cenderung mengalami penurunan apabila jumlah tersebut dikurangi. Oleh karena itu, kami menyimpulkan bahwa penggunaan sistem PIR *array* pada sistem *people counting* masih kurang efektif karena membutuhkan banyak sensor untuk merealisasikannya.

Selain solusi yang telah dijelaskan pada paragraf sebelumnya, *thermal camera* dan CCTV juga merupakan solusi bagi sistem *people counting* yang memanfaatkan citra visual sebagai media untuk menghitung orang yang masuk dan keluar [6][7]. *Thermal camera* biasa digunakan dalam deteksi dan pengawasan orang berdasarkan deteksi suhu tubuh [6]. Namun lingkungan yang ramai seperti pada tempat umum dapat membebani kinerja *thermal sensor* [6]. Selain itu, resolusi dan *frame rate* yang rendah pada *thermal sensor* juga dapat mengurangi akurasi perhitungan [6]. Dalam hal ini, kinerja CCTV lebih baik karena memiliki resolusi dan *frame rate* yang lebih tinggi dibandingkan dengan *thermal camera* [7]. Namun, lebih beratnya data yang diterima oleh sistem jika menggunakan CCTV dibandingkan jika menggunakan *thermal camera* dapat menghambat proses perhitungan dan pelacakan, terutama jika jumlah pengunjung cukup banyak [7]. Hal ini disebabkan oleh lebih lambatnya proses pemrosesan pada sistem sehingga rentan mengalami kehilangan jejak serta menghasilkan beberapa data untuk orang yang sama [7].

Le et al. (2020) mencetuskan sebuah solusi berupa pemanfaatan basis visual pada sistem *people counting* dengan memasukkan sebuah mekanisme *deep learning* pada implementasinya [8]. Hal ini dilakukan dengan menginstalasi kamera pada posisi menghadap ke bawah sehingga kamera dapat

menangkap gambar atau video bagian atas kepala pengunjung, kemudian merancang sebuah mekanisme *deep learning* yang dapat memprediksi arah gerakan orang tersebut berdasarkan data per *frame* pengambilan gambar [8]. Pada proses *training*-nya, sistem ini menghasilkan *mean Average Precision* (mAP) mendekati 70% dan angka tersebut mencapai 83% ketika telah melewati proses *fine-tuning* selama 10 jam [8].



Gambar 1.3 Berbagai Sampel Data Sistem People Counting Berbasis Visual [8]

Berdasarkan gambar di atas, dapat diketahui bahwa sistem yang dicetuskan oleh Le pada tahun 2020 ini masih belum dapat mengatasi masalah dari sistem *people counting* berbasis kamera, yakni pengambilan privasi tanpa izin dalam bentuk pengambilan gambar tubuh orang [8].

Tabel 1.1 Beberapa data peristiwa *crowd crush* yang pernah terjadi [9]

Estimasi Korban Jiwa	Tanggal	Nama Insiden	Negara	Tempat	Deskripsi
31	28-05-22	<i>Crowd crush</i> Port Harcourt	Nigeria	Port Harcourt	Kerusuhan terjadi di sebuah acara amal di Port Harcourt Polo Club yang diselenggarakan oleh Gereja Pantekosta Kings Assembly. Ratusan orang yang datang dengan harapan mendapatkan makanan dan pakaian gratis menerobos pagar dan menyebabkan kepanikan.
41	14-08-22	Kebakaran Gereja Giza	Mesir	Giza	Kebakaran di Gereja Abu Sefein menyebabkan kepanikan dan <i>crowd crush</i> .
135	01-10-22	Kerusuhan Stadion Kanjuruhan	Indonesia	Malang, East Java	Suporter sepak bola tewas saat melarikan diri dari gas air mata yang ditembakkan di dalam stadion setelah pertandingan Derby Super Jawa Timur antara Arema FC melawan Persebaya Surabaya berakhir ricuh.
159	29-10-22	Kerusuhan Halloween Seoul	Korea Selatan	Seoul	Kerusuhan di sebuah gang sempit di distrik Itaewon saat perayaan Halloween; sedikitnya 172 orang terluka. Desember 2022, kematian satu orang yang selamat karena bunuh diri diputuskan oleh pihak berwenang sebagai akibat dari bencana tersebut, dan secara hukum menyatakannya sebagai korban ke-159.
11	30-10-22	-	Republik Kongo	Kinshasa	Kerusuhan di konser yang dipandu oleh bintang musik Fally Ipupa di Martyrs' Stadium

Tabel 1.1 menampilkan beberapa tragedi yang diakibatkan oleh *crowd crush* karena tempat diselenggarakannya acara mengalami kelebihan kapasitas pengunjung. Tragedi-tragedi tersebut terjadi di tempat umum terbuka (*outdoor*) [9]. Hal ini terjadi karena pihak *event organizer* dan petugas

keamanan tidak dapat memprediksi jumlah massa yang masuk dan keluar dari tempat-tempat tersebut dan belum ada teknologi yang dapat memprediksi atau menghitung jumlah massa yang banyak, serta minimnya pengawasan saat jumlah pengunjung tempat tersebut telah melebihi kapasitas maksimal [9].

1.3 Constraint

1.3.1 Aspek Fleksibilitas

Sistem dapat diimplementasikan di pintu masuk tempat umum dan mampu beroperasi dalam kondisi ruangan yang beragam. Oleh karena itu, sistem diproyeksikan untuk memiliki ketahanan terhadap perubahan kondisi ruangan seperti perubahan intensitas cahaya pada ruangan tersebut.

1.3.2 Aspek Akurasi

Sistem dapat menghitung secara tepat jumlah pengunjung yang masuk ke tempat umum. Selain itu, sistem juga dapat menghindari kesalahan dalam deteksi pengunjung serta membedakan antara pengunjung yang masuk dan yang tidak jadi masuk ke tempat umum. Selain itu sistem juga diharapkan dapat membedakan dua individu yang masuk secara bersamaan.

1.3.3 Aspek Pengguna

Sistem ditujukan bagi pengelola maupun pengunjung tempat umum. Bagi pengelola tempat umum, sistem diharapkan dapat menampilkan data jumlah pengunjung yang diperbaharui secara simultan. Bagi pengunjung, sistem diharapkan dapat mengklasifikasi pergerakan mereka tanpa berpotensi melanggar hak privasi berupa pengambilan gambar dan hal yang serupa.

1.4 Kebutuhan yang Harus Dipenuhi

Berdasarkan analisis kebutuhan yang telah dilakukan, maka kebutuhan yang harus dipenuhi oleh adalah sebagai berikut:

1. Sistem dapat menghitung jumlah orang yang masuk maupun keluar, baik secara bersamaan maupun secara berurutan, dengan data yang diperbarui secara simultan.
2. Sistem dapat membedakan kondisi dimana seseorang benar-benar memasuki suatu tempat umum dengan kondisi di mana seseorang tidak jadi memasuki tempat umum tersebut.
3. Sistem dapat diimplementasikan pada pintu masuk tempat umum dalam skala yang disesuaikan dengan ukuran pintu masuk tempat umum.

4. Sistem dapat memberikan informasi jumlah pengunjung tempat umum dengan data yang diperbaharui secara simultan dan dapat disimpan.

1.5 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk menciptakan sebuah solusi terhadap permasalahan kelebihan kapasitas di tempat umum sehingga dapat mencegah kemungkinan yang jauh lebih buruk seperti terjadinya *crowd crush*. Hal ini dilakukan dengan cara membuat suatu sistem yang dapat menghitung jumlah pengunjung di tempat umum dan menampilkan data jumlah pengunjung yang diperbaharui secara simultan serta dapat disimpan, serta diproyeksikan untuk memiliki spesifikasi yang memenuhi beberapa faktor, yakni kemudahan dalam instalasi, fleksibilitas implementasi, serta tingkat akurasi yang tinggi, sehingga dapat memudahkan pengelola tempat umum untuk mengontrol keramaian yang terjadi. Dengan demikian, pencegahan terhadap kelebihan kapasitas di tempat umum dapat dilakukan tanpa harus mengerahkan lebih banyak tenaga manusia.